





MAGNETIC FIELD SENSOR WITH A BRIDGE ARRANGEMENT OF MAGNETO-RESISTIVE BRIDGING ELEMENTS

Patent number: WO9638739
Publication date: 1996-12-05
Inventor: SCHELTER WOLFGANG (DE); VAN DEN BERG HUGO (DE)
Applicant: SIEMENS AG (DE); SCHELTER WOLFGANG (DE); BERG HUGO VAN DEN (DE)
Classification:
- international: **G01R33/09; H01L43/08; G01R33/06; H01L43/08;**
(IPC1-7): G01R33/09
- european: G01R33/09; H01L43/08
Application number: WO1996DE00960 19960531
Priority number(s): DE19951020206 19950601

Also published as:

 EP0874999 (A1)
 DE19520206 (A1)

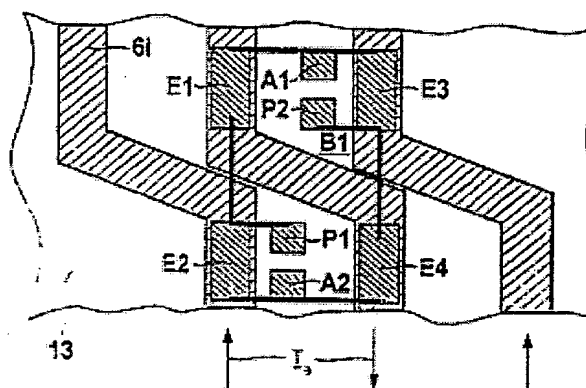
Cited documents:

 DE3442278
 SU485500

Report a data error here

Abstract of WO9638739

The invention concerns a sensor with a bridge arrangement (B1) of a plurality of magneto-resistive thin film bridge elements (E1 to E4). All the bridge elements (E1 to E4) are constructed with the same layered structure on a common substrate (13) and display a giant magneto-resistive (GMR) effect. In addition, each bridge element has a bias layer part and a conductive layer (6i) which is provided for guiding a set current (I_e) in order to set in a fixed manner a given orientation direction for the magnetization in the bias layer part.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表平11-505966

(43) 公表日 平成11年(1999) 5月25日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 43/08

H 0 1 L 43/08

Z

G 0 1 R 33/09

G 0 1 R 33/06

R

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 15 頁)

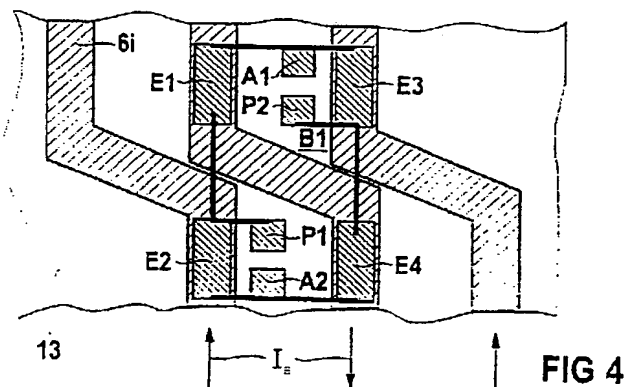
(21) 出願番号 特願平8-536106
(86) (22) 出願日 平成8年(1996) 5月31日
(85) 翻訳文提出日 平成9年(1997) 11月28日
(86) 国際出願番号 PCT/DE 96/00960
(87) 国際公開番号 WO 96/38739
(87) 国際公開日 平成8年(1996) 12月5日
(31) 優先権主張番号 195 20 206. 6
(32) 優先日 1995年6月1日
(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)
(81) 指定国 EP (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, L U, MC, NL, PT, SE), JP, KR, US

(71) 出願人 シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
ドイツ連邦共和国 デー-80333 ミュン
ヘン ウイツテルスバッツヒアーブラッツ
2
(72) 発明者 シェルター、ウオルフガング
ドイツ連邦共和国 デー-91080 ウツテ
ンロイト アイヒェンドルフシュトラッセ
7
(72) 発明者 フアン デン ベルク、フーゴ
ドイツ連邦共和国 デー-91074 ヘルツ
オーゲン アウラツハ ドクター-ダスラ
ーシュトラッセ 4
(74) 代理人 弁理士 富村 潔

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗性ブリッジ素子のブリッジ回路を有する磁界センサ

(57) 【要約】

本センサは複数個の薄膜ブリッジ素子 (E 1ないしE 4) のブリッジ回路 (B 1) を有する。すべてのブリッジ素子 (E 1ないしE 4; E j) が同一の層構造および同一のジオメトリをもって共通の基板 (1 3) の上に構成されていなければならない。またGMR効果を示さなければならない。さらに各ブリッジ素子はバイアス層部と、バイアス層部で磁化の所定のオリエンテーション方向を固定的に設定するために、設定電流 (I_s) を導くために設けられている導体層 (6 1) とを有していなければならない。



【特許請求の範囲】

1. 外部の少なくともほぼ均等な磁界を検出するためのセンサであって、ブリッジに結線された薄膜構造を有する磁気抵抗性ブリッジ素子を有し、このブリッジを経てブリッジ電流が導かれ、またこのブリッジ回路から測定電圧が取り出されるセンサにおいて、

—すべてのブリッジ素子 (E_1 ないし E_4 ; E_j) が同一の層構造および同一のジオメトリをもって共通の基板 (13) の上に構成され、また高い磁気抵抗効果 (GMR) を示し、

また

—ブリッジ素子 (E_1 ないし E_4 ; E_j) の各々にバイアス層部 (2) および導体層 (6、6i) が設けられ、その際にこの導体層 (6、6i) が、バイアス層部 (2) で磁化 (m_{ij}) の所定のオリエンテーション方向が固定的に設定可能であるように、所定の方向および強さの設定電流 (I_i) を導くために設けられている

ことを特徴とするセンサ。

2. 各々の対応するブリッジ素子 (E_1 ないし E_4 ; E_j) の導体層 (6、6i) の設定電流 (I_i) によりバイアス層部 (2)、がバイアス層の磁化 (m_{ij}) のオリエンテーション方向の固定的な設定を可能にする強さ (H_i) を有する磁界にさらされることを特徴とする請求項1記載のセンサ。

3. 各ブリッジ素子 (E_1 ないし E_4 ; E_j) が、導体層 (6、6i) の設定電流 (I_i) により発生すべき磁界 (H_i) との重畳の際にバイアス層部 (2) の磁化 (m_{ij}) のオリエンテーション方向の固定的な設定を可能にするような強さ (H_i) の支持磁界にさらされることを特徴とする請求項1記載のセンサ。

4. 所定の強さ (H_i) の支持磁界に共通に位置しているブリッジ素子 (E_1 ないし E_4 ; E_j) のうち2つの素子 (E_1 、 E_4) のバイアス層部 (2) でそれ

らの所定の設定電流 (I_i) に基づいて同時に磁化 (I_i) の所定のオリエンテーション方向および磁化 (m_{ij}) の所定のオリエンテーション方向が設定可能であり、他方において他の素子 (E_2 、 E_3) では他の設定電流に基づいてオリエン

テーションが可能でないことを特徴とする請求項3記載のセンサ。

5. ブリッジ素子 (E 1 ないし E 4 ; E j) のバイアス層部 (2) のオリエンテーションの際の高い温度状態を設定するための手段が設けられていることを特徴とする請求項1ないし4の1つに記載のセンサ。

6. 導体層 (6、6 i) が電氣的に良好に伝導する材料から成り、また層構造 (S、S') を覆うパッシベーション層 (5) の上に被覆されていることを特徴とする請求項1ないし5の1つに記載のセンサ。

7. 各ブリッジ素子 (E 1 ないし E 4 ; E j) の層構造 (S、S') が磁界に敏感な測定層 (3) と測定層 (3) にくらべて比較的磁氣的に硬い少なくとも1つのバイアス層 (2 a) を有するバイアス層部 (2) とを有することを特徴とする請求項1ないし6の1つに記載のセンサ。

【発明の詳細な説明】

磁気抵抗性ブリッジ素子のブリッジ回路を有する磁界センサ

本発明は、外部の少なくともほぼ均等な磁界を検出するためのセンサであって、ブリッジに結線された薄膜構造を有する磁気抵抗性ブリッジ素子を有し、このブリッジを経てブリッジ電流が導かれ、またこのブリッジから測定電圧が取り出されるセンサに関する。このようなセンサはドイツ実用新案登録第 9312674.3号明細書に示されている。

Ni、FeまたはCoおよびそれらの合金のような強磁性遷移金属から成る層では、電気抵抗と材料を貫く磁界の大きさおよび方向との間に関係が与えられる。このような層に生ずる効果は異方性磁気抵抗“AMR”または異方性磁気抵抗効果と呼ばれる。この効果は物理的には相異なるスピンおよびD帯のスピン極性を有する電子の相異なる散乱断面積に基づいている。このような電子は従って多数または少数電子と呼ばれる。このような磁気抵抗性センサに対しては一般にこのような磁気抵抗材料から成る薄膜が層平面内で磁化されて設けられている。電流方向に対して磁化を回転する際の抵抗変化はその場合に通常の方性（＝オーム）抵抗の数パーセントとなる（冒頭に記載したドイツ実用新案登録明細書参照）。

さらに少し前から、積層体として配置された複数の強磁性層を含み、それらの層がそれぞれ金属の中間層により互いに隔離され、またそれらの磁化がそれぞれ層平面内で行われている磁気抵抗性多層システムが知られている。個々の層の厚みはその際に伝導電子の平均自由行程長よりも明らかに小さく選ばれている。このような多層システムにおいては、前記の方性の磁気抵抗効果AMRに加えていわゆるジャイアント磁気抵抗効果またはジャイアント磁気抵抗GMRが発生する（たとえばヨーロッパ特許出願公開第 0483373号明細書参照）。このようなGMR効果は、強磁性層とこれに隣接する中間層との間の境界面における多数および少数伝導電子の相異なる強さの散乱と特に合金の使用の際の層内部の散乱効果とに基づいている。GMR効果はその際に方性効果である。この効果は方性効果AMRよりも著しく大きく、通常の方性抵抗の70%までの値をとり得

る。GMR効果を示すこのような多層システムにおいては隣接する金属磁性層が先ず互いに逆に磁化され、その際に外部磁界の影響のもとに初期の逆並列の磁化方向が並列磁化方向に変換する。この磁界センサではこのような事実が利用される。

冒頭に記載したドイツ実用新案登明細書から、ホイートストンブリッジとして接続されているブリッジ素子（センサ素子）を有する磁界センサが知られている。これらのセンサ素子は異方性の磁気抵抗AMRを示し、このようなセンサのブリッジ回路においては目的に即して、個々のセンサ素子においてAMR層の磁気抵抗効果がそれぞれの層の磁化とそれを通して流れる電流の方向との間の角度に関係するという事実が利用される。個々のセンサ素子は相応の構造化によりブリッジ回路に結線され、対として対角線上にある両ブリッジ素子の電流方向が両ブリッジ枝路から逆向きであるようにブリッジ回路として接続され得る。

本発明の課題は、冒頭に記載した特徴を有する磁界センサを、センサの受信範囲内で少なくともほぼ均等（＝均一）な磁界の1つまたはそれ以上のベクトル成分を高い感度で測定可能であり、その際に少なくとも部分的にブリッジ素子の温度の影響および機械的応力の影響に関して補償されている測定信号が得られるように構成することにある。さらにセンサは比較的簡単に製造可能でなければならない。

この課題は本発明によれば、すべてのブリッジ素子が同一の層構造および同一のジオメトリをもって共通の基板の上に構成され、また高い磁気抵抗効果（GMR）を示し、ブリッジ素子の各々にバイアス層部および導体層が設けられ、その際にこの導体層が、バイアス層部で磁化の所定のオリエンテーション方向が固定的に設定可能であるように、所定の方向および強さの設定電流を導くために設けられることにより解決される。

装置のこの構成と結び付けられる利点は特に、等しい構造を有するGMRセンサ素子を非常に小さい寸法のブリッジ回路に構成することを初めて大規模の産業的使用に対して是認できる費用で実現可能にしたことにある。なぜならば、個々のブリッジ素子にそれぞれ対応する導体路部分を通る設定電流により非常に狭い

場所で所定の磁化のオリエンテーション方向が個々のブリッジ素子のそれぞれのバイアス層部に簡単な仕方で“定着”し得るからである。すなわち、単独の磁氣的により硬い層または特に人工的な反強磁性体（ドイツ特許出願公開第4243358号明細書参照）とみなすべき層システムから成るブリッジ素子の他の磁気層にくらべてより硬いバイアス層部が設定電流により生じさせられる磁界により有利なことに簡単な仕方で一回で磁化される。設定電流はその際に、それによりバイアス層部の磁化のために十分に強い磁界が得られるように高く選ばれる。設定電流の磁界はその際に場合によっては外部の支持または補助磁界により重畳される。これに対してバイアス層部の所定の磁氣的な硬さ（保磁力）に基づいて検出すべき外部の磁界構成成分はバイアス層部を反転磁化することはない。

これらのブリッジ素子のブリッジ回路により、さらに、外部の磁界成分に関して少なくとも広範囲に温度補償されかつ機械的応力に関して補償された測定信号が得られる。このことは共通の基板上に並び合う各個のブリッジ素子の等しい薄膜構造により達成される。薄膜構造とは、各ブリッジ素子が個々の層の所定の厚みを有する所定の層列を有することを意味する。層列およびすべてのブリッジ素子からの相応する層の厚みはその際に等しい。このような層列は有利なことに簡単に実現され得る。

本発明による設定装置の有利な実施態様は主請求項に従属する請求項に記載されている。

以下、図面を参照して本発明を一層詳細に説明する。

図1は本発明による磁界センサのブリッジ回路の結線図、

図2はこのようなセンサの個々のブリッジ素子のGMR層構造の斜視図、

図3は本発明によるブリッジ素子の横断面図、

図4および図5は本発明による磁界センサのブリッジ回路の平面図、

図6は図4に示す多数の磁界センサの平面図、

図7はブリッジ素子のバイアス層部のヒステリシス曲線のそれぞれ概略図である。図面中で対応する部分には同一の符号が付されている。

本発明による磁界センサに対しては有利には図1に示されているそれ自体は公知のブリッジ回路が用いられる。図示のブリッジ回路Bはブリッジ回路の2つの

接続点 A 1 と A 2 との間に並列接続されている 2 つのブリッジ枝路 Z 1 および Z 2 を含んでいる。ブリッジ回路 B を介して接続点 A 1 および A 2 にブリッジ電流 I_j が導かれなければならない。ブリッジ枝路 Z 1 および Z 2 の各々は直列に接続されている 2 つのセンサ素子 E_j および E_j 、または E_j および E_j を含んでいる。各ブリッジ枝路の両素子の間にブリッジ回路の各 1 つの測定点 P_j 、または P_j が位置している。これらの測定点から測定電圧 U_j が取り出される。

ブリッジ回路 B の個々のブリッジ素子 E_j (ここで $1 \leq j \leq 4$) は GMR 効果を示すそれ自体は公知の多層システムから構成されていなければならない (たとえばヨーロッパ特許出願公開第 0483373 号またはドイツ特許出願公開第 4232244 号、第 4243357 号および第 4243358 号明細書参照)。この多層システムはそれぞれなかならず磁化 m_{ij} の所定のオリエンテーション方向を有するバイアス層部を有する。図 1 中にはこれらの磁化が個々のブリッジ素子における矢線により示されている。図からわかるように、対角線上のブリッジ素子の両対 $E_j - E_j$ および $E_j - E_j$ はそれぞれバイアス磁化 m_{ij} の等しい方向を有し、その際に一方の対の磁化方向は他方の対の磁化方向と反対向きに延びている。

各ブリッジ素子 E_j のバイアス層により生ずるバイアス磁界は H_{ij} で示されている。ブリッジ回路 B の検出範囲内で少なくとも広範囲に均等 (= 均一) な測定すべき外部の磁界または相応の磁界成分は H_0 を付された二重矢印により示されている。

図 2 は MR 効果を有する公知の多層システム S の原理的構成を示す (たとえばヨーロッパ特許出願公開第 0346817 号明細書参照)。この多層システムは、図示の実施例では強磁性のバイアス層 2 a (たとえば NiFe から成る) とその下に位置している反強磁性の追加層 2 b (たとえば FeMn から成る) から構成されるバイアス層部 2 を含んでいる。このバイアス層部 2 にくらべて磁氣的に軟らかい測定層 3 (たとえば相応により小さい保磁力を有する NiFe 合金から成る) は非磁性の中間層 4 (たとえば Cu から成る) により隔てられている。図面中にはこれらの層の可能な磁化が矢線により示されている。このような多層システムは “エキスチェンジ・バイアスドシステム” と呼ばれる。

GMR 効果を有するこのようなまたは他の多層システムはたとえばブリッジ素

子 E_j を本発明により構成するための基本システムとすることができる。好ましくはブリッジ素子 E_j はそれぞれ多数の磁性および非磁性層を有する。このような多層システムが図3中に示されているブリッジ素子 E_j に対して仮定されている。たとえば多数の層を有するバイアス層部2を含んでいるその多層システム S' は、非磁性で特に絶縁性の材料から成るパッシベーション層5により覆われている。このパッシベーション層5の上にたとえばCuまたはAgのような非磁性で電氣的に良好に伝導する材料から成るメタライジングの形態で導体層6が被覆されている。次いで、この導体層6を通る設定電流 I_s により、多層システム S' のバイアス層部2のなかに磁化の優先方向が定着可能であるような方向および強さの設定磁界 H_s が生ぜしめられる。

図4および図5中にはそれぞれ共通の基板13の上の本発明による磁界センサ11または12のブリッジ回路B1またはB2のそれぞれ4つのGMRブリッジ素子 E_i の2つの配置可能性に対する相応の条片状の導体層 6_i (ここで $1 \leq i \leq 3$ または $1 \leq i \leq 4$) が示されている。その際に図4によるブリッジ回路B1はそのブリッジ素子 E_1 ないし E_4 の矩形の配置を有し、他方において図5によるブリッジ回路B2ではすべての4つのブリッジ素子 E_1 ないし E_4 は並び合って配置されている。図5による実施例は有利なことにブリッジ素子の特に密な配置を許す。ブリッジ回路B1に対しては導体層 6_i の3つの帯が、またブリッジ回路B2に対しては導体層 6_i の4つの帯が必要である。そのつどの導体層を通る個々の設定電流 I_s の例示的に選ばれる方向は矢線により示されている。

個々のブリッジ素子を図4および図5によるブリッジ回路B1またはB2に結線するため各素子は少なくとも2つの接触部を有するそのGMR層システムを設けられる。これらの接触部は、ブリッジ電流が中央で層平面に対して平行に流れるように共に相応の磁界に敏感な層システムの最も上の測定層に配置される(いわゆる“カレント・イン・プレーン(CIP)システム”)か、もしくはブリッジ電流が中央で層平面に対して垂直に流れるようにそれぞれ接触部が最も上の測定層および最も下の測定層に配置される(いわゆる“カレント・パーペンディキュラー、トゥー・プレーン(CPP)システム”)。

一般に次いで、個々のバイアス層部を磁化するための導体層 6_i が被覆される

前に、それぞれ選ばれた層構造がさらに図3によるパッシベーション層5により覆われる。

本発明による磁界センサを経済的に製造するため、有利には、多数の個別センサが共通の基板、たとえばシリコン板の上に同時に製造される。図6は板状のSi基板13の上に20個の本発明による磁界センサを有する相応の実施例を示す。これらの磁界センサに対しては図4による実施形態11が基礎とされている。それらのそれぞれのブリッジ回路B1は図面中に平坦な長方形によってのみ示されている。すべてのブリッジ回路の導体層6iの接続は接触面17aと17bとの間の蛇行状の導体路16に通ずる。

もちろん、図5中に示されている本発明による磁界センサ12によっても磁界センサの相応のシステムを基板13の上に共通に構成し得る。

本発明による磁界センサのこのようなシステムは特に簡単にエキスチェンジ・バイアス多層システムSの図2中に示されている形式であるGMRブリッジ素子により実現できる。なぜならば、このようなシステムではバイアス層部2の固定的な磁化のオリエンテーションのためにたとえば200eの小さい磁界しか必要とされないからである。たとえば20 μ mの条片幅の導体路16により、また約20mAの電流によりバイアス層部2の200eの必要とされる値を生ぜしめることができる。

有利なことに、特に層システムのこのような構成の際にバイアス層部の磁化の間に高い温度状態が設定され得る。たとえば、図2による層システムの前記のFeMn層に対して約150℃への温度上昇が望ましい。このような温度上昇はたとえば加熱された空間に層システムを配置することにより行うことができる。しかし場合によっては、設定磁界H_cを発生する導体層6iにより加熱電力をもたらすことも可能である。これは（材料、断面積、電流I_cのような）導体パラメータの適当な選定により行うことができる。

特に硬磁性層を有するまたは人工的な反強磁性磁石として構成されたバイアス層部を有する他の多層システムが用いられる場合には、はるかに高い場合によっては100倍まで高い設定電流I_cが必要になり得る。その際に、場合によっては、生ずる損失熱がGMR多層システムの破壊に通じ得る危険がある。ここで必

要とされる比較的高い電流を低減するため、有利には強さ H_1 の追加的な外部の支持磁界が付け加えられる。この支持磁界 H_1 は磁石コイルまたは永久磁石のような外部の磁界源により発生され、その際にその磁界方向は個々のブリッジ素子に関して設定可能（特に反転可能）でなければならない。支持磁界 H_1 およびその基礎となっている設定磁界 H_0 は、仮定されている実施例ではバイアス層部の飽和磁界の強さ H_0 である磁界の強さの所定のしきい値の必要な超過を可能にする。磁界関係は図7のダイアグラムに示されている。このダイアグラムには任意の単位で横軸の方向に磁界の強さ H が、また縦軸の方向に磁化 M がとられている。図示のヒステリシス曲線に対して大きさ H_0 は飽和磁界の強さまたはしきい値磁界の強さを、 H_1 は保磁力を、また $H_{1,0}$ は磁化 M が負の飽和磁化の値から磁界の強さの増大と共に強く上昇し始める磁界の強さを示す。その際に大きさ $\Delta H = H_1 - H_{1,0} = 2 \times (H_0 - H_1)$ である。

いわゆる人工的な反強磁性磁石（ドイツ特許出願公開第4243358号明細書参照）を有する層システムの場合には、飽和磁界の強さ H_0 である必要はないしきい値の超過が必要である。

いま多層システムおよび特にそのバイアス層部を H_0 に対して平行または逆平行に向けられている外部の追加磁界 H_1 に曝すと、全磁界の強さ H_2 が多層システムに加わる。

$$H_2 = H_1 + H_0$$

磁界 H_1 に対しては好ましくはほぼ大きさ $(H_0 + H_{1,0}) / 2$ が選ばれ、また H_0 は $\Delta H / 2$ よりもやや大きく選ばれる。ブリッジ素子 E 1 および E 4（図1による）にはその場合に全磁界

$$H_2 = + |H_1| + |H_0|$$

が生じ、他方においてブリッジ回路 E 2 および E 3 には相応して

$$H_2 = + |H_1| - |H_0|$$

が生ずる。

H_1 および I_1 がそれに応じて選ばれると、ブリッジ素子 E 1 および E 4 のバイアス層部に対してしきい値 H が超過される。これはこのバイアス層部の磁化の所望の永続的なオリエンテーションに通ずる。これに対してブリッジ素子 E 2 お

よび E 3 のバイアス層部に対しては、 H_{10} が超過されないので、変化は生ぜしめられない。それによってこの層部の磁化は影響されずにとどまる。いま H_1 の方向を反転すると、ブリッジ素子 E 1 および E 4 には

$$H_2 = - | H_1 | + | H_0 |$$

が生じ、E 2 および E 3 に対しては相応して

$$H_2 = - | H_1 | - | H_0 |$$

が生ずる。

この場合、ブリッジ素子 E 2 および E 3 のバイアス層部に対してしきい値 H_1 が超過され、このことはこのバイアス層部の磁化の所望の永続的なオリエンテーションに通じ、他方においてブリッジ回路 E 1 および E 4 のバイアス層部に対しては保磁力が超過されず、またこの層部の磁化は影響されずに、すなわち先行のプロセス工程に基づいて反対向きのオリエンテーションにとどまる。

図 5 のダイアグラムの基礎とされている実施例によれば、単独ではしきい値磁界 H_1 を超過しないような磁界の強さ H_0 の外部の支持磁界が選ばれることから出発している。もちろん、相応に高い支持磁界を用意し、また場合によっては設定電流 I_0 の設定磁界により、場合によっては個々のブリッジ素子のしきい値磁界 H_1 が到達されないような強さ H_0 の対向磁界を発生することも可能である。

こうして、本発明による磁界センサの相応の構成により基板の上にバイアス層部の 180° だけ回転された磁化が達成されることが確かめられる。このようにして GMR ブリッジ素子を有するブリッジ回路の構成が実現可能である。

【 図 1 】

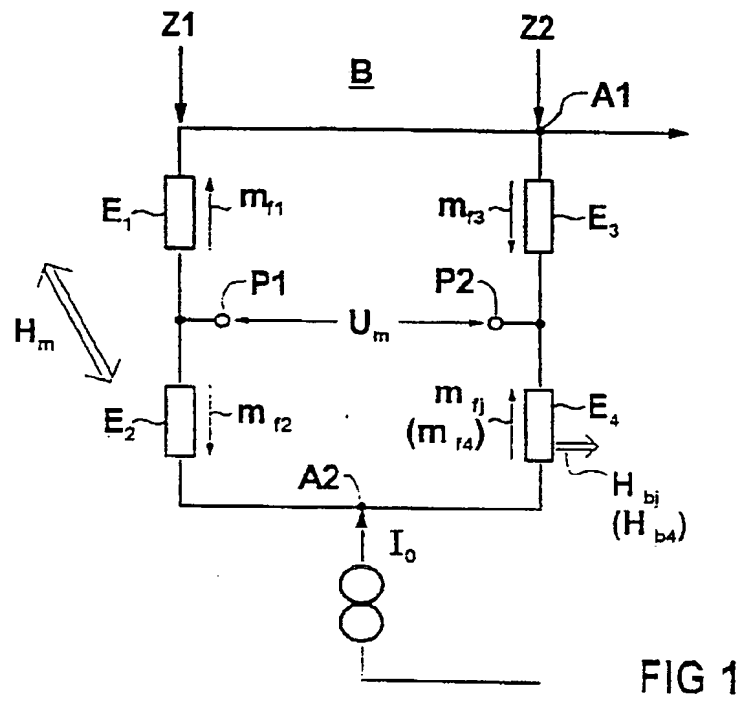


FIG 1

【 図 2 】

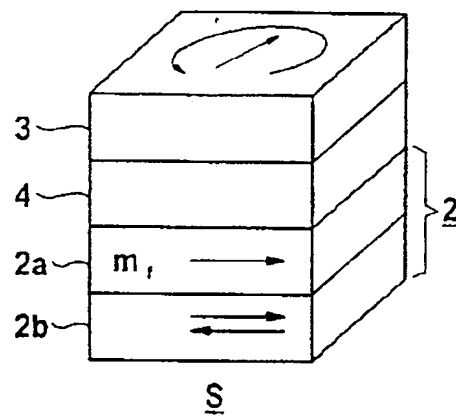


FIG 2

【 図 3 】

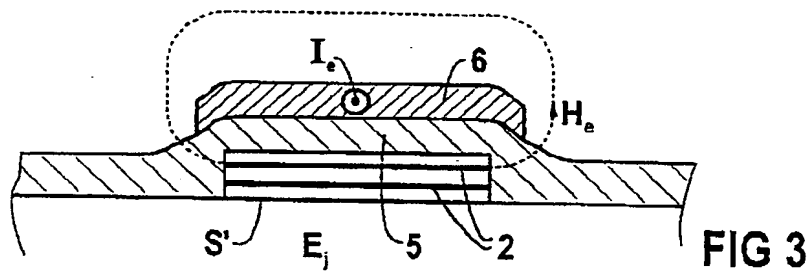
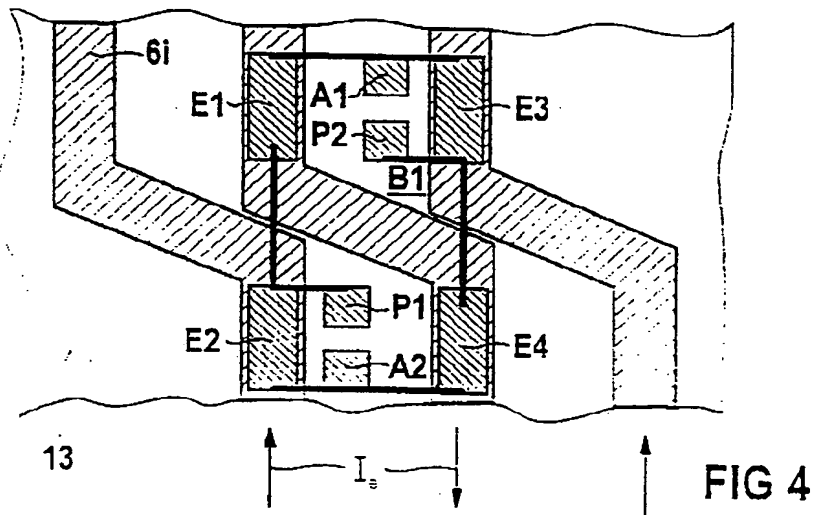
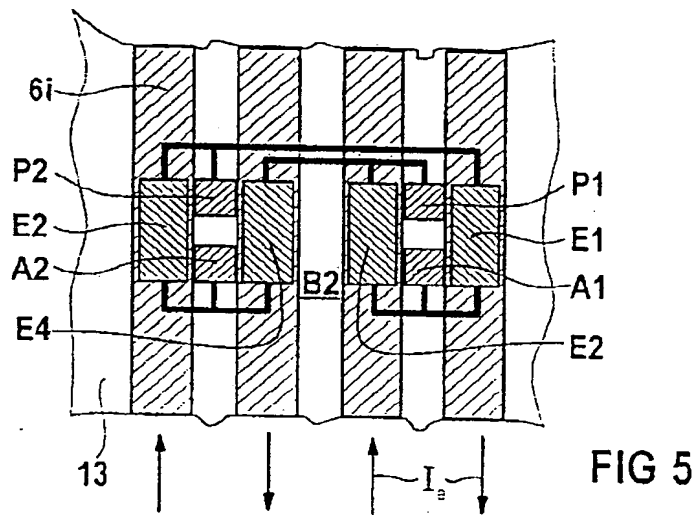


FIG 3

【 图 4 】



【 图 5 】



【 図 6 】

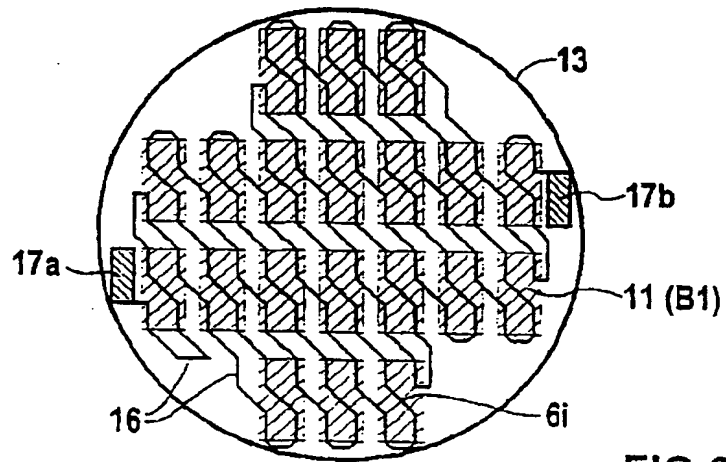


FIG 6

【 図 7 】

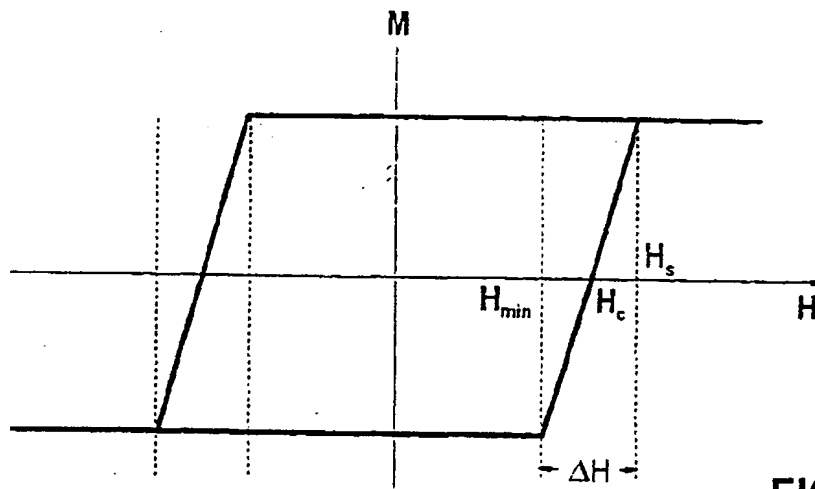


FIG 7

【 國際調查報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/DE 96/00960

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 6: G 01 R 33/095 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 6: G 01 R Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	SOVIET INVENTIONS ILLUSTRATED, Parts I-III Complete, week X 25 published 1976, 28 July, DERWENT PUBLICATIONS LTD, London; & SU, A, 485 500 (ELTRN. CONTROL EQUIP). - - -	1
A	DE, A, 3 442 278 (PHILIPS) 22 May 1986 (22.05.86), abstract. - - -	1
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reasons (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 30 September 1996 (30.09.96)		Date of mailing of the international search report 23 October 1996 (23.10.96)
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office Facsimile No.		Authorized officer Telephone No.